

## BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 17 NOV 2004

WIPO PCT

EPO/8754

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:** 103 42 241.2

**Anmeldetag:** 11. September 2003

**Anmelder/Inhaber:** BEHR GmbH & Co KG, 70469 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Wärmetauscher

**IPC:** F 28 F 3/02

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 5. Oktober 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Remus

---

BEHR GmbH & Co. KG

5

Mauserstraße 3, 70469 Stuttgart

---

### **Wärmetauscher**

10

Die Erfindung betrifft einen Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Anspruchs 1.

15

Ein derartiger Wärmetauscher kann beispielsweise als integrierter Wärmetauscher mit einem Kondensator einer Klimaanlage und einem Kühlmittel-Kühler für Kraftfahrzeuge ausgebildet sein. Der Wärmetauscher weist üblicherweise eine Anzahl nebeneinander angeordneter, parallel zueinander verlaufender Flachrohre in mehreren Reihen auf. In diesen Flachrohrreihen fließen erste Fluide, im obigen Beispiel ein Kältemittel und ein Kühlmittel. Die Flachrohre sind an Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen und der Strömung eines zweiten Fluids, beispielsweise Umgebungsluft, ausgesetzt, um einen Wärmeübergang zwischen den Fluiden zu bewirken. Zwischen den einzelnen, voneinander beabstandeten Flachrohren sind Strömungswege für das zweite Fluid ausgebildet.

20

25

Zur Verbesserung der Wärmeübertragung zwischen den Fluiden sind zwischen den Flachrohren an diesen befestigte Kühlrippen angeordnet. Die Oberflächen der Kühlflächen liegen bei dem aus der DE 198 13 989 A1 bekannten Wärmetauscher im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids. Dadurch wird dem zweiten Fluid ein Strömungswiderstand entgegengesetzt. Durch die Ausbildung der Kühlrippen als

Strömungshindernisse soll die Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Fluids gezielt reduziert werden. Hierdurch erhöht sich einerseits die Verweilzeit des zweiten Fluids bei der Durchströmung des Wärmetauschers, das heißt die Zeit, in der das zweite Fluid Wärme von einem ersten Fluid aufnehmen beziehungsweise an dieses übertragen kann. Andererseits ist durch die geringe Strömungsgeschwindigkeit des zweiten Fluids jedoch die zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid übertragbare Wärmemenge, das heißt die Wärmetauscherleistung, begrenzt.

5

10 Ein weiterer Wärmetauscher mit Kühlrippen ist beispielsweise aus der US 4,676,304 bekannt. Bei diesem Wärmetauscher liegen die Kühlrippen im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids (hier: Luft). Trotz Ausbildung strömungsleitender Lamellen an den einzelnen Kühlrippen kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass Teile des Wärmetauschers durchströmenden zweiten Fluids zwischen benachbarten Kühlrippen hindurchströmen, ohne relevante Energiemengen von diesen aufzunehmen bzw. an diese abzugeben. Dieses Problem ist insbesondere dann bedeutend, wenn der Wärmetauscher in Strömungsrichtung des zweiten Fluids geringe Abmessungen hat. In diesem Fall bewirkt ein hoher Massendurchsatz des zweiten Fluids nicht notwendigerweise eine hohe Wärmeübertragungsleistung. Der zur Verfügung stehende Temperaturunterschied zwischen dem ersten und dem zweiten Fluid wird nur zu einem relativ geringen Teil genutzt.

15

20

25 Bei integrierten Wärmetauschern tritt häufig das Problem auf, daß über eine gemeinsame Wellrippe, das heißt über einstückig ausgebildete Wellrippen der Einzelwärmetauscher, Wärme von einem Einzelwärmetauscher auf den anderen übertritt. Um diesen unerwünschten Wärmeübergang zu reduzieren, ist beispielsweise in der EP 0 773 419 A2 vorgeschlagen, die integrierte Wellrippe eines solchen Wärmetauschers in einem Bereich zwischen den beiden Einzelwärmetauschern mit Schlitzen zu versehen. Dies hat jedoch

30

den Nachteil, daß die Luft im Bereich des Schlitzes verwirbelt wird, wodurch sich der Strömungswiderstand und damit der Druckabfall für die Luft erhöht.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Wärmetauscher der eingangs genannten Art mit Kühlrippen anzugeben, die strömungsgünstig gestaltet sind und zugleich eine thermische Kopplung zwischen mehreren ersten Fluiden reduzieren.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch einen Wärmetauscher mit den Merkmalen des Anspruchs 1. Hierbei weist der Wärmetauscher von ersten Fluiden durchströmbarer Flachrohre auf, die außen mit einem zweiten Fluid beaufschlagbar sind und im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids derart parallel zueinander angeordnet sind, dass für das zweite Fluid Strömungswege ausgebildet sind, in denen Kühlrippen angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren erstrecken. Die Kühlrippen sind hierbei als Wellrippen ausgebildet, wobei in Strömungsrichtung des zweiten Fluids mehrere Wellrippen hintereinander angeordnet sind und diese seitlich, das heißt in Strömungsrichtung der ersten Fluide, zueinander versetzt sind. Durch die Versetzung hintereinander angeordneter Wellrippen wird ein sehr hoher Anteil des den Wärmetauscher durchströmenden zweiten Fluids zur Wärmeübertragung genutzt. Bei Wellrippen mit Kiemen strömt gegebenenfalls insgesamt ein höherer Massenstrom des zweiten Fluids durch Kiemen, die im Bereich der für das zweite Fluid stromabwärts liegenden Seite einer Rippe angeordnet sind, als ohne den Versatz zwischen den Wellrippen. Dies bewirkt gegebenenfalls eine erhöhte Wärmeübertragungsleistung in diesem Bereich. Des Weiteren wird eine Temperaturgrenzschicht, die sich gegebenenfalls an einer Rohrwand ausbildet, beeinflusst, so dass unter Umständen ein Wärmetransport von der Rohrwand auf das zweite Fluid oder umgekehrt erhöht wird. Durch die versetzte Anordnung der Wellrippen wird gleichzeitig ein unerwünschter Wärmeübertrag zwischen verschiedenen Rohrreihen über die Wellrippen

reduziert, obwohl die Rippen aus einem gemeinsamen Band gebildet sind. Dies ist wiederum in fertigungstechnischer Sicht vorteilhaft, da mehrere hintereinander angeordnete, aus einem gemeinsamen Band gebildete, das heißt einstückige Wellrippen einfach zwischen die Rohrreihen des 5 Wärmetauschers einsetzbar sind. Die Wellrippen einschließlich der Kiemen sind insbesondere durch Walzen aus einem Metallband herstellbar.

Eine strömungsgünstige Gestaltung der Wellrippen wird bevorzugt dadurch erreicht, dass deren Oberflächen im Wesentlichen parallel zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids liegen, d.h. die Flächennormalen der Wellrippen im Wesentlichen einen rechten Winkel mit der Strömungsrichtung des zweiten Fluids einschließen. Trotz dieser strömungsgünstigen Ausbildung der Wellrippen ist durch den seitlichen Versatz hintereinander angeordneter Wellrippen sichergestellt, dass nur ein geringerer Anteil des zweiten Fluids 10 ungenutzt, d.h. ohne nennenswerte Wärmeübertragung, zwischen den Flachrohren hindurchströmt als ohne einen solchen Versatz. Dieser Vorteil tritt umso deutlicher in Erscheinung, je höher der Rippenabstand  $b$  zwischen 15 zwei Rippen ist. Vorzugsweise sind zwei oder drei gleichartig geformte Wellrippen versetzt zueinander hintereinander angeordnet. Um eine hohe 20 Wärmeübertragungsleistung zu gewährleisten, sind die einzelnen Wellrippen vorzugsweise direkt aneinander grenzend, d.h. ohne Abstand in Strömungsrichtung des zweiten Fluids, angeordnet. Hierdurch ist eine große 25 Wärmetauscherfläche gegeben. Alternativ hierzu kann, um den Strömungswiderstand zu reduzieren, eine beabstandete Anordnung der in diesem Fall schmaleren Wellrippen vorgesehen sein.

Nach einer bevorzugten Ausgestaltung weisen die Wellrippen Kiemen zur 30 Lenkung des zweiten Fluids auf. Durch eine sich an den Kiemen ausbildende sogenannte Anlaufströmung, die in einem Bereich der Wellrippe einen hohen Temperaturgradienten aufweist, ist eine verbesserte Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid und den Wellrippen sichergestellt.

Bevorzugt sind alle Kiemen eines zwischen zwei Flachrohren eingeschlossenen Rippenabschnitts einer Wellrippe in der gleichen Richtung gegenüber der Strömungsrichtung des zweiten Fluids schräg gestellt. Eine gleichartige 5 Schrägstellung der Kiemen innerhalb eines Rippenabschnitts hat den Vorteil, daß damit gegebenenfalls die Strömung gezielt auf einen stromabwärts liegenden Rippenabschnitt lenkbar ist.

10 Die Kiemen versetzt hintereinander angeordneter Rippenabschnitte sind vorzugsweise gegensinnig schräg gestellt, damit dem den Wärmetauscher durchströmenden zweiten Fluid ein längerer Strömungsweg vorgegeben wird. Die Kiemen zweier benachbarter Kiemenfelder können auch gleichsinnig schräg gestellt sein, wobei es dann unter Umständen vorteilhaft ist, wenn die Kiemen eines zu den beiden zueinander benachbarten Kiemenfeldern stromaufwärts beziehungsweise –abwärts angeordneten Kiemenfeldes gegensinnig zu den Kiemen der beiden zueinander benachbarten Kiemenfelder schräggestellt sind. 15

20 Eine gleichmäßige Abdeckung des vom zweiten Fluid durchströmten Strömungsquerschnitts wird bevorzugt dadurch erreicht, daß versetzt hintereinander angeordnete Rippenabschnitte parallel zueinander verlaufen. Hierbei stehen die zueinander versetzten Rippenabschnitte bevorzugt senkrecht auf den Flachrohren. Wenn die Rippenflächen etwas (bis etwa 6 Grad) von der Parallelität abweichen, wobei sie dann im Rahmen der Erfindung noch 25 als im Wesentlichen parallel anzusehen sind, werden dadurch die thermodynamischen Vorteile der zueinander versetzten Rippen kaum beeinträchtigt. Ebenso ist die Verwendung von sogenannten V-Rippen oder auch von beliebig abgerundeten Rippen denkbar. Die erfindungsgemäße Rippengeometrie ist insbesondere bei Kraftfahrzeug-Wärmeübertragern wie Kühl- 30 mittelkühlern, Heizkörpern, Kondensatoren und Verdampfern anwendbar.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung ist die Kiementiefe LP im Bereich von 0,7 bis 3 mm bei einem Kiemenwinkel von 20 bis 30 Grad leistungssteigernd, weil dadurch der Strömungswinkel, d.h. die Umlenkung des zweiten Fluids von einem Kanal in den benachbarten vergrößert wird, wodurch sich wiederum ein längerer Strömungsweg für das zweite Fluid ergibt. Die Rippenhöhe für ein solches System liegt vorteilhafterweise im Bereich von 4 bis 12 mm. Die Rippendichte für dieses System liegt vorteilhafterweise im Bereich von 40 bis 85 Ri/dm, was einem Rippenabstand bzw. einer Rippenteilung von 1,18 bis 2,5 mm entspricht.

5

10

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer Zeichnung näher erläutert. Hierin zeigen:

15 Fig. 1a,b einen Wärmetauscher mit zwei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren einer Rohrreihe,

20 Fig. 2a,b einen Wärmetauscher mit drei versetzt hintereinander angeordneten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benachbarten Flachrohren einer Rohrreihe,

25 Fig. 3 zwei aus einem einzigen Band gebildete Wellrippen,

Fig. 4 drei aus einem einzigen Band gebildete Wellrippen,

Fig. 5a eine Wellrippe ohne Versatz mit zwei Kiemenfeldern im Querschnitt,

Fig. 5b eine Wellrippe ohne Versatz mit zwei Kiemenfeldern im Querschnitt,

30 Fig. 5c eine Wellrippe aus einem Band mit 2 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5d eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5e eine Wellrippe aus einem Band mit 4 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5f eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5g eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5h eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,

Fig. 5i eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,  
Fig. 5j eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,  
Fig. 5k eine Wellrippe aus einem Band mit 3 Reihen im Querschnitt,  
Fig. 5l eine Wellrippe aus einem Band mit 5 Reihen im Querschnitt,  
5 Fig. 6 eine Momentaufnahme einer simulierten Luftströmung durch  
Wellrippen ohne Versatz,  
Fig. 7 eine Momentaufnahme einer simulierten Luftströmung durch  
Wellrippen mit Versatz,  
Fig. 8 eine Auftragung des Anteils eines durch eine Lamellenöffnung  
10 strömenden Luftmassenstroms an einem Gesamtluftmassen-  
strom gegen die Tiefe der Rohre bei geringer Luftanström-  
geschwindigkeit,  
Fig. 9 eine Auftragung des Anteils eines durch eine Lamellenöffnung  
15 strömenden Luftmassenstroms an einem Gesamtluftmassen-  
strom gegen die Tiefe der Rohre bei hoher Luftanström-  
geschwindigkeit,  
Fig. 10a,b einen Wärmetauscher mit zwei versetzt hintereinander angeord-  
neten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benach-  
barten Flachrohren zweier Rohrreihen, und  
20 Fig. 11a,b einen Wärmetauscher mit drei versetzt hintereinander angeord-  
neten Wellrippen als Kühlrippen zwischen jeweils zwei benach-  
barten Flachrohren zweier Rohrreihen.

25 Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen  
Bezugszeichen versehen.

30 Die Fig. 1a,1b und 2a,2b zeigen ausschnittsweise einen Wärmetauscher 1  
mit parallel zueinander angeordneten Flachrohren 2, die von einem ersten  
Fluid FL1a in einer ersten Strömungsrichtung S1 durchströmt sind. Die  
Flachrohre 2 sind mit Strömungsleitelementen 2a ausgerüstet und an (nicht  
dargestellte) Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen. Das Fluid

FL1a ist beispielsweise eine Kühlflüssigkeit oder ein im Wärmetauscher 1 kondensierendes Kältemittel.

Zwischen zwei jeweils benachbarten Flachrohren 2 sind zwei (Fig. 1a,1b) 5 bzw. drei (Fig. 2a,2b) Wellrippen 3 als Kühlrippen angeordnet. Ausführungsformen mit einer höheren Anzahl an Wellrippen 3 sind ebenfalls realisierbar. Die Wellrippen 3 sind mäanderförmig aus einem Blech gebogen, wobei sich jeweils ein an einem Flachrohr 2 anliegender Rippenabschnitt 4a 10 mit einem zwei benachbarte Flachrohre 2 verbindenden Rippenabschnitt 4b abwechselt. Die an den Flachrohren 2 anliegenden Rippenabschnitte 4a sind mit den Flachrohren 2 wärmeleitend verbunden, insbesondere verlötet. Die zwei benachbarte Flachrohre 2 verbindenden Rippenabschnitte 4b stehen senkrecht auf den Flachrohren 2 und bilden Strömungswege für ein zweites 15 Fluid FL2, beispielsweise Luft, das den Wärmetauscher 1 in Strömungsrichtung S2 durchströmt. Das zweite Fluid FL2 strömt im Wesentlichen parallel zur Oberfläche 5 der Wellrippen 3, d.h. das zweite Fluid FL2 trifft beim Einströmen in den Wärmetauscher 1 zunächst nur auf 20 die schmalen Stirnflächen 6 der Wellrippen 3. Das zweite Fluid FL2 kann dadurch den Wärmetauscher 1 mit hoher Geschwindigkeit und entsprechend hohem Massendurchsatz durchströmen.

Aus den Rippenabschnitten 4b heraus sind, wie insbesondere aus den Fig. 25 3, 4 hervorgeht, Kiemen 7 geformt, die sich quer zur Strömungsrichtung S2 des zweiten Fluids FL2 sowie quer zur Strömungsrichtung S1 des ersten Fluids FL1a erstrecken. Die Kiemen 7 innerhalb eines Rippenabschnitts 4b bewirken zum einen eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und diesem Rippenabschnitt 4b, zum anderen eine gezielte Leitung des zweiten Fluids FL2 zum in Strömungsrichtung S2 schräg dahinter angeordneten Rippenabschnitt 4b. Auf diese Weise wird der 30 den Wärmetauscher 1 durchströmende Massenstrom des zweiten Fluids FL2 praktisch vollständig unter hoher Ausnutzung des Temperaturunterschiedes

zwischen dem ersten Fluid FL1a und dem zweiten Fluid FL2 zur Wärmeübertragung genutzt.

5 Zwei zwischen zwei Flachrohren 2 hintereinander angeordnete Wellrippen 3 sind um eine halbe Breite  $b$  zwischen benachbarten Rippenabschnitten 4b gegeneinander versetzt. Im Fall von drei hintereinander angeordneten Wellrippen 3, wie in den Fig. 2 und 4 dargestellt, ist alternativ auch ein Versatz von  $b/3$  vorzugsweise wählbar, wobei auch andere Werte für den Versatz denkbar sind.

10

Zwei bzw. drei benachbarte Wellrippen 3, die sich über die Tiefe  $T$  des Wärmetauschers 1 erstrecken, sind durch Walzen aus einem Band 8 erzeugt. Beim Walzen wird das Band 8 im Bereich des jeweiligen Versatzes zwischen den zwei (Fig. 1a,1b, Fig. 3) bzw. drei (Fig. 2a,2b, Fig. 4) Wellrippen 3 geschnitten sowie die Kiemen 7 in die Wellrippen 3 geschnitten. Ein einfacher (Fig. 1a,1b, Fig. 3, Fig. 5c) bzw. doppelter (Fig. 2a,2b, Fig. 4, Fig. 5d) Versatz bzw. Versatz höherer Ordnung (Fig. 5e, 5f, 5g) der Wellrippen 3 ist alternativ dazu herstellbar, indem gleichartige separate Wellrippen 3 mit einem Versatz zwischen 0;1 mm und  $b/2$  angeordnet werden, wobei  $b$  der Abstand zwischen zwei benachbarten Flachrohren 2 ist.

15

20

Die an den Flachrohren 2 anliegenden Rippenabschnitte 4a der Wellrippen 3 weisen keine Kiemen auf. In diesem Bereich bildet sich daher eher eine laminare Strömung des Fluids FL2 aus als in den mit Kiemen 7 versehenen Rippenabschnitten 4b, die benachbarte Flachrohre 2 verbinden. Die laminare Strömung kann mit zunehmender Lauflänge zur Bildung einer Grenzschicht mit abnehmendem Temperaturgradienten am Flachrohr 2 führen. Dieser Effekt ist jedoch auf ein unbedeutendes Maß begrenzt, indem die sich zwischen zwei benachbarten Rippenabschnitten 4b einer Wellrippe 3 ausbildende Strömung des zweiten Fluids FL2 bereits nach der kurzen Wegstrecke  $T/2$  (Fig. 1a,1b, Fig. 3, Fig. 5c) bzw.  $T/4$  (Fig. 2a,2b, Fig. 4, Fig.

25

30

5d) durch die in Strömungsrichtung S2 nachgeschaltete Wellrippe 3 gestört wird, so dass eine Zunahme der Temperaturgradienten erzeugt wird, die eine Erhöhung der Wärmeübertragung bewirkt. Auf diese Weise ist auch bei einem Wärmetauscher 1 mit geringer Tiefe T von beispielsweise 12 bis 20 mm eine hoch effektive Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und dem ersten Fluid FL1a gegeben.

10 Fig. 5 zeigt Wellrippen 10a,b...l mit jeweils mehreren Kiemenfeldern in Querschnittsansicht. Beim Stand der Technik von Kühlrippen mit strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) in den einzelnen Rippen liegt üblicherweise eine Rippe zwischen zwei Rohren in Hauptströmungsrichtung des zweiten Fluids ausschließlich in einer Ebene ohne Versatz (Fig. 5a, 5b). Diese Kühlrippen besitzen mindestens zwei sogenannte Kiemenfelder 11, 12 beziehungsweise 13, 14, die durch einen Steg unterschiedlicher Gestaltung voneinander getrennt sind. Die Ausrichtung der strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) benachbarter Kiemenfelder ist hierbei üblicherweise gegensinnig.

20 Gemäß der vorliegenden Erfindung sind vorzugsweise zwei, drei oder auch mehr gleichartig geformte Wellrippen (Kühlrippen) versetzt zueinander hintereinander angeordnet, d.h. die eine Wellrippe mit strömungsleitenden Lamellen (Kiemen) kann in mehreren Ebenen versetzt zueinander liegen. Dabei kann die Anzahl der Wellrippen, die in Strömungsrichtung des zweiten Fluids betrachtet hintereinander angeordnet sind, in Abhängigkeit von der Tiefe des Wärmetauschers und/oder der Tiefe der Wellrippen gewählt werden. Dabei können bei einer Bautiefe von 12 bis 18 mm beispielsweise 2, 3 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 24 mm können beispielsweise 2, 3, 4 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 30 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 36 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 42

mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 48 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 54 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 oder mehr Reihen Verwendung finden,  
5 bei einer Bautiefe bis 60 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 oder mehr Reihen Verwendung finden, bei einer Bautiefe bis 66 mm können beispielsweise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 oder mehr Reihen Verwendung finden.

10 Ein Ausführungsbeispiel für 2 Reihen 15 und 16 zeigt Fig. 5c in einer Querschnittsansicht.

15 Ein Ausführungsbeispiel für 3 Reihen 17, 18 und 19 zeigt Fig. 5d in einer Querschnittsansicht.

20 Ein Ausführungsbeispiel für 4 Reihen 20, 21, 22 und 23 zeigt Fig. 5e in einer Querschnittsansicht.

25 Ein Ausführungsbeispiel für 5 Reihen 24, 25, 26, 27 und 28 zeigt Fig. 5f in einer Querschnittsansicht.

30 Ein Ausführungsbeispiel für 5 Reihen 29, 30, 31, 32 und 33 zeigt Fig. 5g in einer Querschnittsansicht.

Ein Ausführungsbeispiel für 5 Reihen 34, 35, 36, 37 und 38 zeigt Fig. 5h in einer Querschnittsansicht.

Mehr als zwei zueinander versetzte Reihen können vorzugsweise auf insgesamt zwei zueinander versetzte Ebenen verteilt sein wie bei den Ausführungsformen in den Figuren 5d, 5e und 5g. Sie können aber auch auf drei oder mehr verschiedene Ebenen verteilt sein wie bei den Ausführungs-

formen in den Figuren 5f und 5h, wobei die Abstände zwischen jeweils zwei Ebenen gleich oder verschieden sein können.

Alternativ kann auch nur der Bereich 41 beziehungsweise 44 zwischen zwei in einer Ebene liegenden Kiemenfeldern 39, 40 beziehungsweise 42, 43 gegenüber den Kiemenfeldern 39, 40 beziehungsweise 42, 43 versetzt sein (Fig. 5i und 5j). In dem Bereich 41 beziehungsweise 44 weist die Wellrippe 10i beziehungsweise 10j keine Kieme auf. Auch diese Ausgestaltung bewirkt eine Beeinflussung der Temperaturgrenzschicht an den Rohrwänden und/oder eine verbesserte Durchströmung der Lamellen.

Ebenso können die Kiemenfelder 45, 46, 47 der Wellrippe 10k unterschiedlich groß sein (Fig. 5k). Hierbei ist beispielsweise eine Zuordnung der Kiemenfelder 45, 46 einer ersten Rohrreihe sowie des Kiemenfeldes 47 einer zweiten Rohrreihe vorteilhaft, da durch den Versatz 49 zwischen den Kiemenfeldern 46 und 47 eine thermische Verbindung zwischen den Rohrreihen unterdrückt wird.

Auch eine Kombination von verschiedenen großen Kiemenfeldern 65, 66, 67, 68, 69 in verschiedenen Ebenen ist wie bei der Wellrippe 10l möglich (Fig. 5l).

Die Anzahl der Kiemen pro Reihe liegt beispielsweise zwischen 2 und 30 Kiemen in Abhängigkeit der Anzahl der Reihen und der Tiefe des Wärmetauschers. Vorzugsweise ist die Anzahl der Kiemen pro Kiemenfeld aus fertigungstechnischen Gesichtspunkten bei ungerader Anzahl an Reihen, d.h. bei 3, 5, 7, 9 oder 11 Reihen nicht identisch. Bei gerader Anzahl an Reihen kann die Anzahl der Kiemen pro Kiemenfeld identisch sein, wobei dies nicht notwendig ist.

Im folgenden (Fig. 6 bis 9) wird eine Simulation einer Luftdurchströmung durch einen Wärmetauscher mit drei unterschiedlichen Konfigurationen der Wellrippen erläutert.

5 Die Simulation erfolgt unter folgenden Bedingungen: Rohrwandtemperatur = 60 °C; Lufteintrittstemperatur = 45 °C; Luftdichte = 1,097 kg/m<sup>3</sup>; Lufteintrittsgeschwindigkeit  $v_L$  = 1 und 3 m/s; Rippenhöhe = 8 mm; Rippentiefe = 16 mm. Bei der Simulation wird zum einen als Basis eine Wellrippe in einer Reihe, d.h. ohne Versatz, bestehend aus einer Reihe mit zwei Kiemenfeldern, die durch einen Steg in Dachform voneinander getrennt sind, betrachtet (Stand der Technik). Des Weiteren wird eine Wellrippe mit 2 Reihen und eine Wellrippe mit 3 Reihen betrachtet. Die Simulation bestimmt neben dem luftseitigen Druckabfall den Massenstrom durch die einzelnen Lamellenöffnungen sowie die Abstrahlleistung von dem Rohr zur Kühlluft.

10  
15 Fig. 6 zeigt das Strömungsfeld der Luft bei einer Lufteintrittsgeschwindigkeit  $v_{Luft}$  von 3 m/s in einen Wärmetauscher 51 mit Wellrippen 52, 53 unter den oben beschriebenen Randbedingungen im Bereich zwischen zwei Kiemenfeldern 54, 55 beziehungsweise 56, 57. Die Stege 58 beziehungsweise 59 zwischen jeweils zwei Kiemenfeldern besitzen hierbei eine Dachform. Die Pfeile 60 zeigen den Hauptströmungsweg der Luftteilchen, die durch die letzte Lamellenöffnung 61 vor dem Steg 59 hindurchströmen, anschließend eine Strömungsumlenkung erfahren und durch die Lamellenöffnungen 62, 63 im angrenzenden Kiemenfeld 57 strömen. Der Figur ist zu entnehmen, daß erst die zweite Lamellenöffnung 62 des Kiemenfeldes 57 wieder durch eine höhere Anzahl an Luftteilchen durchströmt wird, wobei erst das Geschwindigkeitsfeld durch die dritte Lamellenöffnung 63 wieder annähernd dem Geschwindigkeitsbild im vorherigen Kiemenfeld 56 entspricht.

20  
25  
30 Fig. 7 zeigt das Strömungsfeld der Luft bei einer Lufteintrittsgeschwindigkeit  $v_{Luft}$  von 3 m/s in einen Wärmetauscher 71 mit Wellrippen 72, 73 unter den

oben beschriebenen Randbedingungen im Bereich einer Versatzstelle 74 beziehungsweise 75 zwischen jeweils zwei Kiemenfeldern 76, 77 beziehungsweise 78, 79. Die Pfeile 80 zeigen den Hauptströmungsweg der Luftteilchen vor dem Versatz 75, zum einen durch die letzte Lamellenöffnung 81 vor dem Versatz und zum anderen durch die Versatzöffnung 75. Die Luftteilchen erfahren nach der Durchströmung der Versatzöffnung 75 eine Strömungsumlenkung, wobei die Luftteilchen, die durch die Versatzöffnung hindurchströmen, anschließend hauptsächlich durch die erste und zweite Lamellenöffnung 82, 83 des angrenzenden Kiemenfeldes 79 strömen. Die Luftteilchen, die durch die letzte Lamellenöffnung 81 vor dem Versatz hindurchströmen, strömen, nachdem sie ebenfalls eine Strömungsumlenkung erfahren haben, hauptsächlich durch die dritte Lamellenöffnung 84 des nachfolgenden Kiemenfeldes 79.

Fig. 8 und Fig. 9 zeigen eine Kurvendarstellung des Verhältnisses des Massenstroms  $m_{Kieme}$  durch die jeweilige Kiemenöffnung (Lamellenöffnung) zum halben Gesamtmassenstrom  $\frac{1}{2}m_{ges}$  der Luft als Fluid FL2 für die drei unterschiedlichen Wellrippenkonfigurationen bei einer Luftanströmgeschwindigkeit von  $v_{Luft} = 1$  m/s (Fig. 8) und  $v_{Luft} = 3$  m/s (Fig. 9) unter den oben beschriebenen Randbedingungen, aufgetragen gegen die Tiefe der Rohre beziehungsweise des Wärmetauschers. Nicht gezeigt ist der prozentuale Massenstrom durch die Öffnung an der Versatzstelle.

Wie aus Fig. 8 hervorgeht, liegt der prozentuale Luftmassenstrom bei den beiden Wellrippenkonfigurationen mit zwei bzw. drei Reihen (eine bzw. zwei Versatzstellen) immer oberhalb von 9 %, wohingegen bei Wellrippen in einer Ebene/Reihe der Luftmassenstrom bei den beiden Lamellenöffnungen im Anschluß an den Stegbereich auf unter 8 % mit einem Minimum von etwa 4 % abfällt. Fällt der Luftmassenstrom bei der Wellrippe bestehend aus einer Ebene bei der Lamellenöffnung vor dem Stegbereich von etwa 12 % auf etwa 10 % ab, so nimmt bei der Wellrippe bestehend aus zwei

Ebenen/Reihen hier der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle von etwa 12 auf etwa 13% zu. Im Anschluß an die Versatzstelle erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa

5 10 % beaufschlagt. Bei der Wellrippe bestehend aus drei Reihen nimmt der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle ebenfalls auf etwa 13% zu. Im Anschluß an die Versatzstellen erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird jeweils nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 10-11 % beaufschlagt.

10

Wie aus Fig. 9 hervorgeht, liegt der prozentuale Luftmassenstrom bei den beiden Wellrippenkonfigurationen mit zwei bzw. drei Reihen (eine bzw. zwei Versatzstellen) immer oberhalb von 12 %, wohingegen bei Wellrippen in einer Ebene/Reihe der Luftmassenstrom bei den beiden Lamellenöffnungen im Anschluß an den Stegbereich auf unter 11 % mit einem Minimum von etwa 4,5 % abfällt. Fällt der Luftmassenstrom bei der Wellrippe bestehend aus einer Ebene bei der Lamellenöffnung vor dem Stegbereich von etwa 16,5 % auf etwa 15 % ab; so nimmt bei der Wellrippe bestehend aus zwei Ebenen/Reihen hier der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle von etwa 16,5 auf etwa 18% zu. Im Anschluß an die Versatzstelle erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 14 % beaufschlagt. Bei der Wellrippe bestehend aus drei Reihen nimmt der Massenstrom durch die letzte Lamellenöffnung vor der Versatzstelle ebenfalls auf etwa 18-19% zu. Im Anschluß an die Versatzstellen erfolgt auch hier eine Neuausrichtung der Luftströmung und die erste Lamellenöffnung wird jeweils nur mit einem prozentualen Luftmassenstrom von etwa 14 % beaufschlagt.

15

20

25

30

Die Fig. 10a,b und 11a,b zeigen jeweils ausschnittsweise einen Wärmetauscher 1 mit in zwei Reihen 1a,b parallel zueinander angeordneten Flachrohren 2, die von ersten Fluiden FL1a,b in einer ersten Strömungsrichtung S1 durchströmt sind. Ebenso ist eine gegensinnige Durchströmung denkbar. Die Flachrohre 2 sind an (nicht dargestellte) Sammelleitungen oder Sammelrohre angeschlossen. Die Fluide FL1a,b sind beispielsweise eine Kühlflüssigkeit und ein im Wärmetauscher 1 kondensierendes Kältemittel. Es kann sich genauso gut um zwei identische Fluide innerhalb eines zwei- oder mehrreihigen Wärmetauschers 1 handeln.

10

Zwischen zwei jeweils benachbarten Flachrohren 2 sind zwei (Fig. 10a,b) bzw. drei (Fig. 11a,b) Wellrippen 3 als Kühlrippen angeordnet. Ausführungsformen mit einer höheren Anzahl an Wellrippen 3 sind ebenfalls realisierbar. Die Wellrippen 3 sind mäanderförmig aus einem Blech gebogen, wobei sich jeweils ein an einem Flachrohr 2 anliegender Rippenabschnitt 4a mit einem zwei benachbarte Flachrohre 2 verbindenden Rippenabschnitt 4b abwechselt. Die an den Flachrohren 2 anliegenden Rippenabschnitte 4a sind mit den Flachrohren 2 wärmeleitend verbunden, insbesondere verlötet. Die zwei benachbarte Flachrohre 2 verbindenden Rippenabschnitte 4b stehen senkrecht auf den Flachrohren 2 und bilden Strömungswege für ein zweites Fluid FL2, beispielsweise Luft, das den Wärmetauscher 1 in Strömungsrichtung S2 durchströmt. Das zweite Fluid FL2 strömt im Wesentlichen parallel zur Oberfläche der Wellrippen 3, d.h. das zweite Fluid FL2 trifft beim Einströmen in den Wärmetauscher 1 zunächst nur auf die schmalen Stirnflächen 6 der Wellrippen 3. Das zweite Fluid FL2 kann dadurch den Wärmetauscher 1 mit hoher Geschwindigkeit und entsprechend hohem Massendurchsatz durchströmen.

Aus den Rippenabschnitten 4b heraus sind Kiemen 7 geformt, die sich quer zur Strömungsrichtung S2 des zweiten Fluids FL2 sowie quer zur Strömungsrichtung S1 der ersten Fluide FL1a,b erstrecken. Die Kiemen 7

innerhalb eines Rippenabschnitts 4b bewirken zum einen eine besonders gute Wärmeübertragung zwischen dem zweiten Fluid FL2 und diesem Rippenabschnitt 4b, zum anderen eine gezielte Leitung des zweiten Fluids FL2 zum in Strömungsrichtung S2 schräg dahinter angeordneten Rippenabschnitt 4b. Auf diese Weise wird der den Wärmetauscher 1 durchströmende Massenstrom des zweiten Fluids FL2 praktisch vollständig unter hoher Ausnutzung des Temperaturunterschiedes zwischen den ersten Fluiden FL1a,b und dem zweiten Fluid FL2 zur Wärmeübertragung genutzt.

10 Zwei zwischen zwei Flachrohren 2 hintereinander angeordnete Wellrippen 3 sind gegeneinander versetzt. Die Herstellung dieser versetzten, einstückig ausgebildeten Wellrippen geschieht beispielsweise wie zu Fig. 1a,b erläutert.

15 In dem in den Fig. 10b, 11b vergrößert dargestellten Zwischenbereich 9 zwischen den Flachrohrreihen 1a,b sind die Wellrippen 3 gegeneinander versetzt. Aufgrund der einstückigen Ausbildung sind die Wellrippen 3 verschiedener Rohrreihen über schmale Stege 9a im Bereich der an den Flachrohren 2 anliegenden Rippenabschnitte 4a miteinander verbunden. Da diese Stege 9a die einzige wärmeleitende Verbindung zwischen den Rohrreihen 1a,b darstellen, ist ein Wärmeübertrag von einer Rohrreihe auf die andere effektiv unterdrückt.

### P a t e n t a n s p r ü c h e

5 1. Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, mit Flachrohren (2),  
die innen von ersten Fluiden (FL1a, FL1b) durchströmbar sind, die  
außen mit einem zweiten Fluid (FL2) beaufschlagbar sind, die im  
Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluids (FL2)  
und parallel zueinander in zumindest zwei Reihen angeordnet sind,  
wobei jedem ersten Fluid zumindest eine Rohrreihe zugeordnet ist,  
wobei die Flachrohre einer Rohrreihe voneinander beabstandet sind und  
dabei den Wärmetauscher durchdringende Strömungswege für das  
zweite Fluid (FL2) ausbilden, wobei in den Strömungswegen Kühlrippen  
angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren (2)  
erstrecken,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Kühlrippen mehrere in Strömungsrichtung (S2) des zweiten  
Fluids (FL2) hintereinander angeordnete Wellrippen (3) vorgesehen sind,  
die zueinander seitlich versetzt sind, und dass mehrere hintereinander  
angeordnete Wellrippen (3) aus einem gemeinsamen Band (8) gebildet  
sind.

2. Wärmetauscher nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Oberflächen (5) der Wellrippen ((3) im Wesentlichen parallel zur  
Strömungsrichtung (S2) des zweiten Fluid (FL2) angeordnet sind.

3. Wärmetauscher nach Anspruch 1 oder 2,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass mehrere versetzt zueinander angeordneten Wellrippen (3) gleich-  
artig geformt sind.

4. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest eine der Wellrippen (3) Kiemen (7) zur Lenkung des  
5 zweiten Fluids (FL2) aufweist.
5. Wärmetauscher nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass alle Kiemen (7) eines von zwei Flachrohren (2) begrenzten Rippen-  
10 abschnitts (4b) gleichsinnig gegenüber der Strömungsrichtung (S2) des  
zweiten Fluids (FL2) schräg gestellt sind.
6. Wärmetauscher nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
15 dass die Kiemen (7) zweier versetzt hintereinander angeordneter  
Rippenabschnitte (4b) gleichsinnig schräg gestellt sind.
7. Wärmetauscher nach Anspruch 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass die Kiemen (7) zweier versetzt hintereinander angeordneter  
Rippenabschnitte (4b) gegensinnig schräg gestellt sind.
8. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
25 dass zwei versetzt hintereinander angeordnete Rippenabschnitte (4b) im  
wesentlichen parallel zueinander sind.
9. Wärmetauscher nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
30 dass die Rippenabschnitte (4b) im wesentlichen senkrecht zu den Flach-  
rohren (2) angeordnet sind.

10. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass die Wellrippen (3) in Hauptströmungsrichtung des zweiten Fluids  
5 eine gleiche oder ähnliche Ausdehnung besitzen.

11. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass verschiedene Rohrreihen von verschiedenen Fluiden durchströmt  
10 werden.

12. Wärmetauscher nach einem der Ansprüche 1 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass verschiedene Rohrreihen von einem Fluid durchströmt werden.

## Z u s a m m e n f a s s u n g

5

10

15

Ein Wärmetauscher, insbesondere für Kraftfahrzeuge, weist Flachrohre auf, die innen von ersten Fluiden durchströmbar sind und außen mit einem zweiten Fluid beaufschlagbar sind. Die Flachrohre sind im Wesentlichen quer zur Strömungsrichtung des zweiten Fluids und parallel zueinander angeordnet sowie derart voneinander beabstandet, dass den Wärmetauscher durchdringende Strömungswege für das zweite Fluid ausgebildet sind, wobei in den Strömungswegen Kühlrippen angeordnet sind, die sich jeweils zwischen benachbarten Flachrohren erstrecken. Als Kühlrippen sind mehrere in Strömungsrichtung des zweiten Fluids hintereinander angeordnete Wellrippen vorgesehen, die in Strömungsrichtung des ersten Fluids zueinander versetzt sind.

1/11

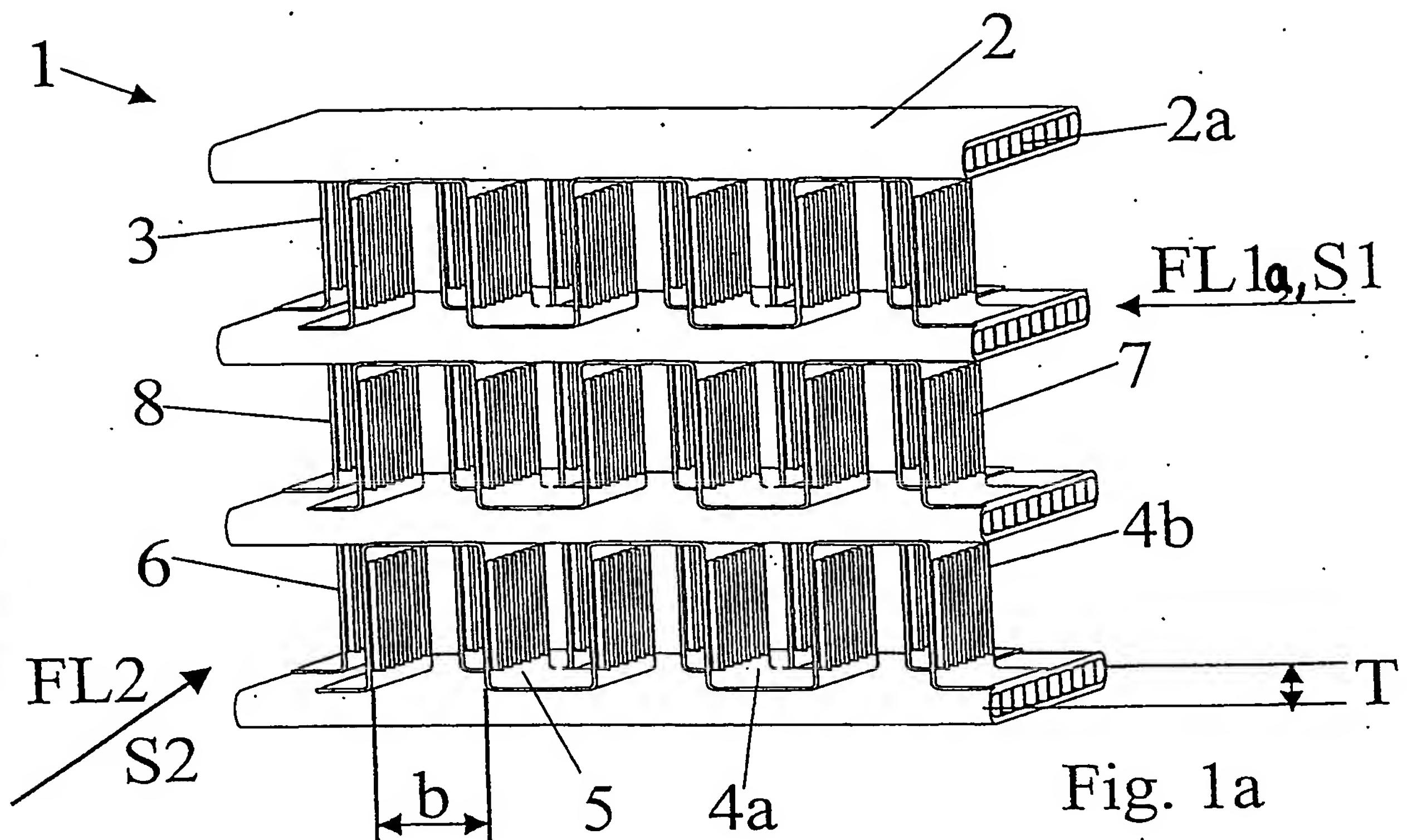


Fig. 1a

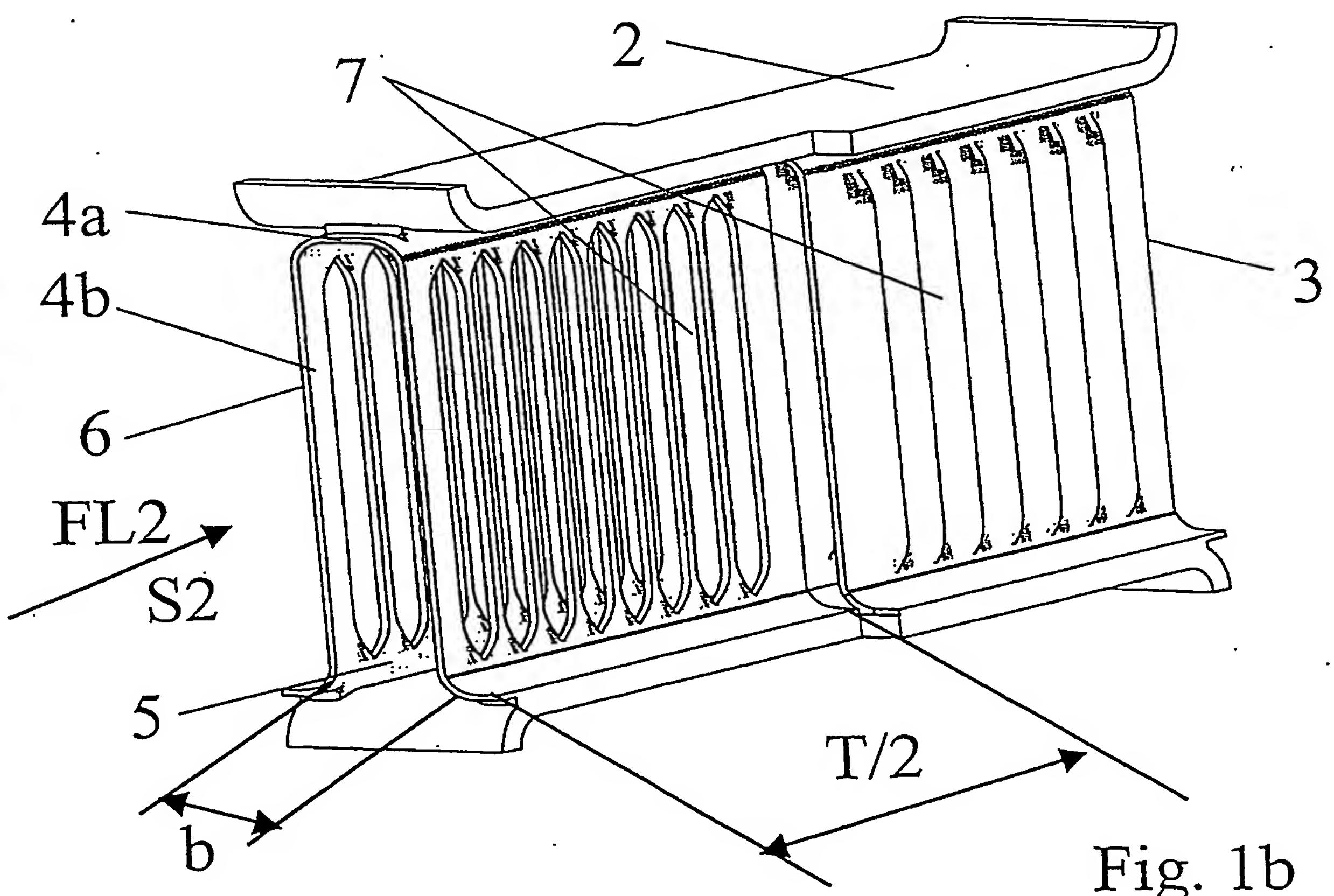
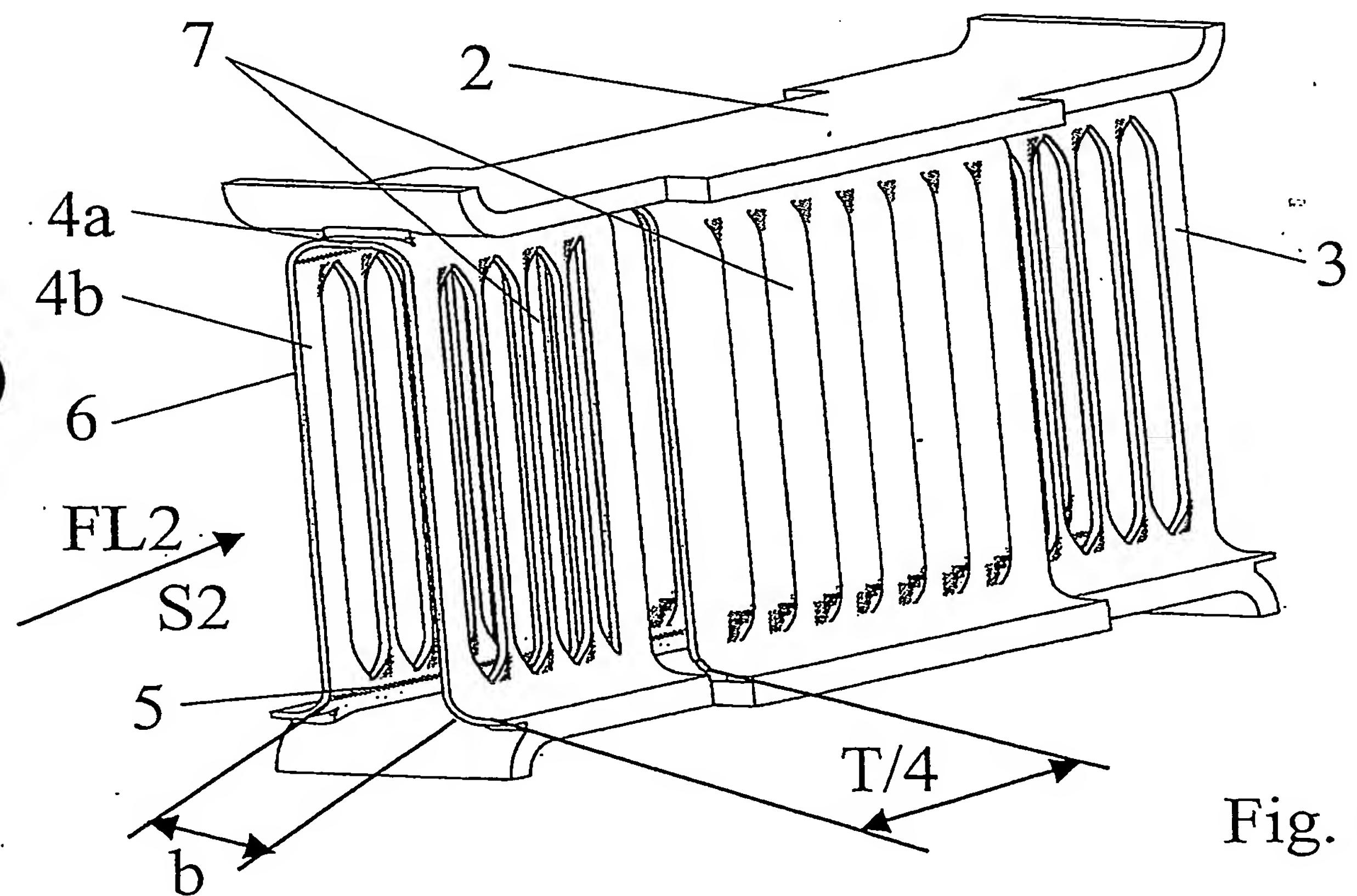
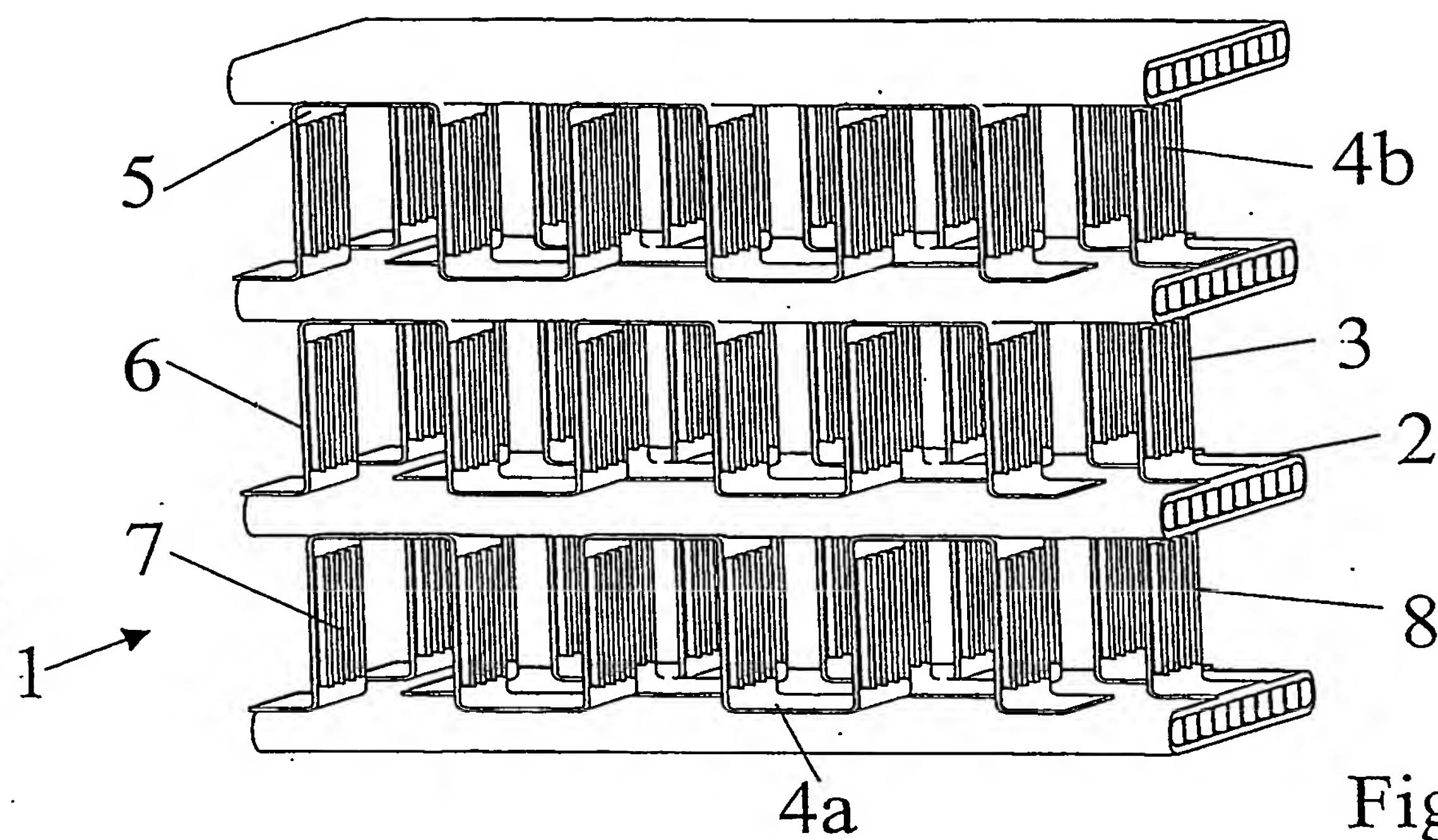


Fig. 1b

2/11



3/11

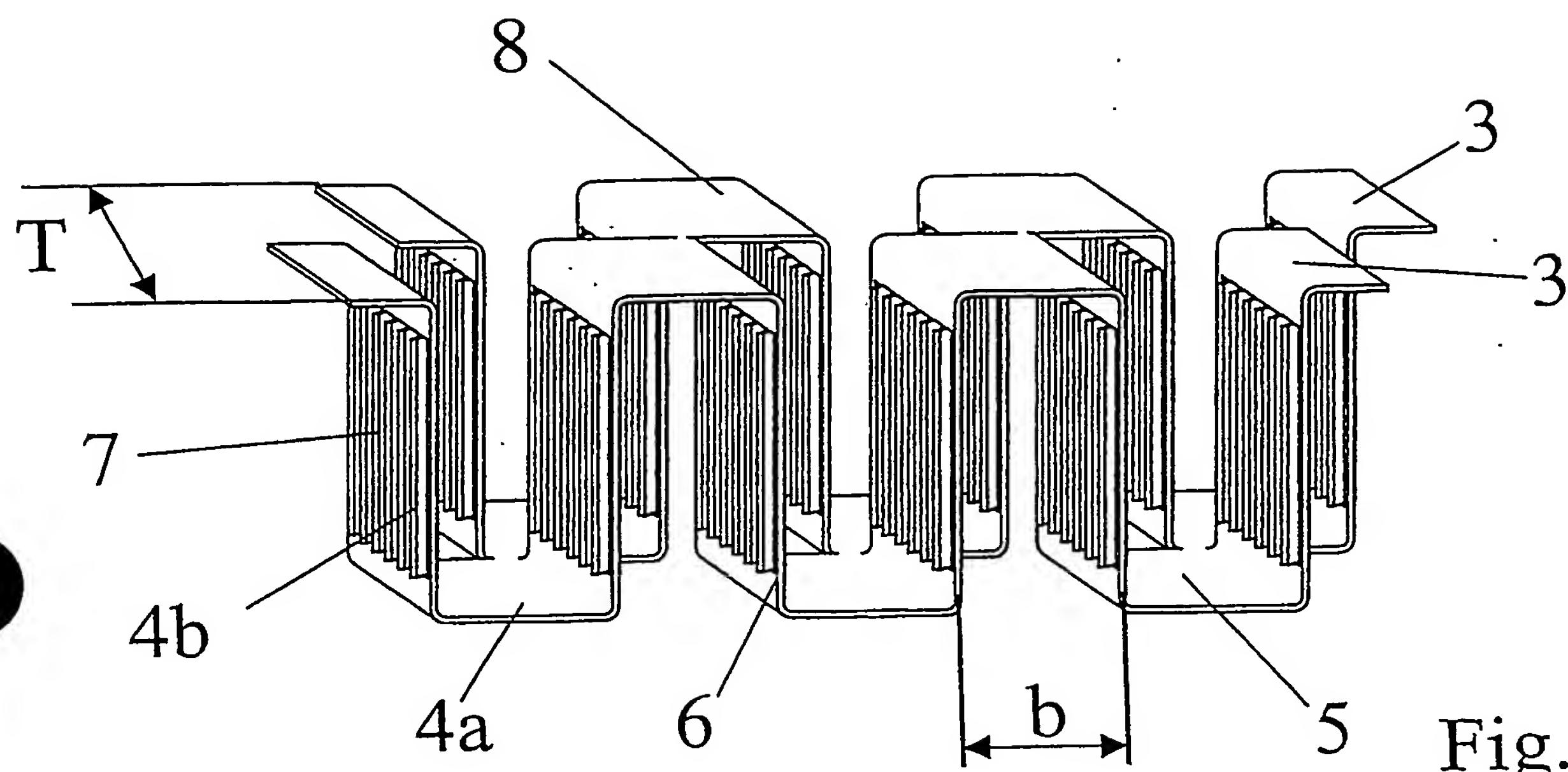


Fig. 3

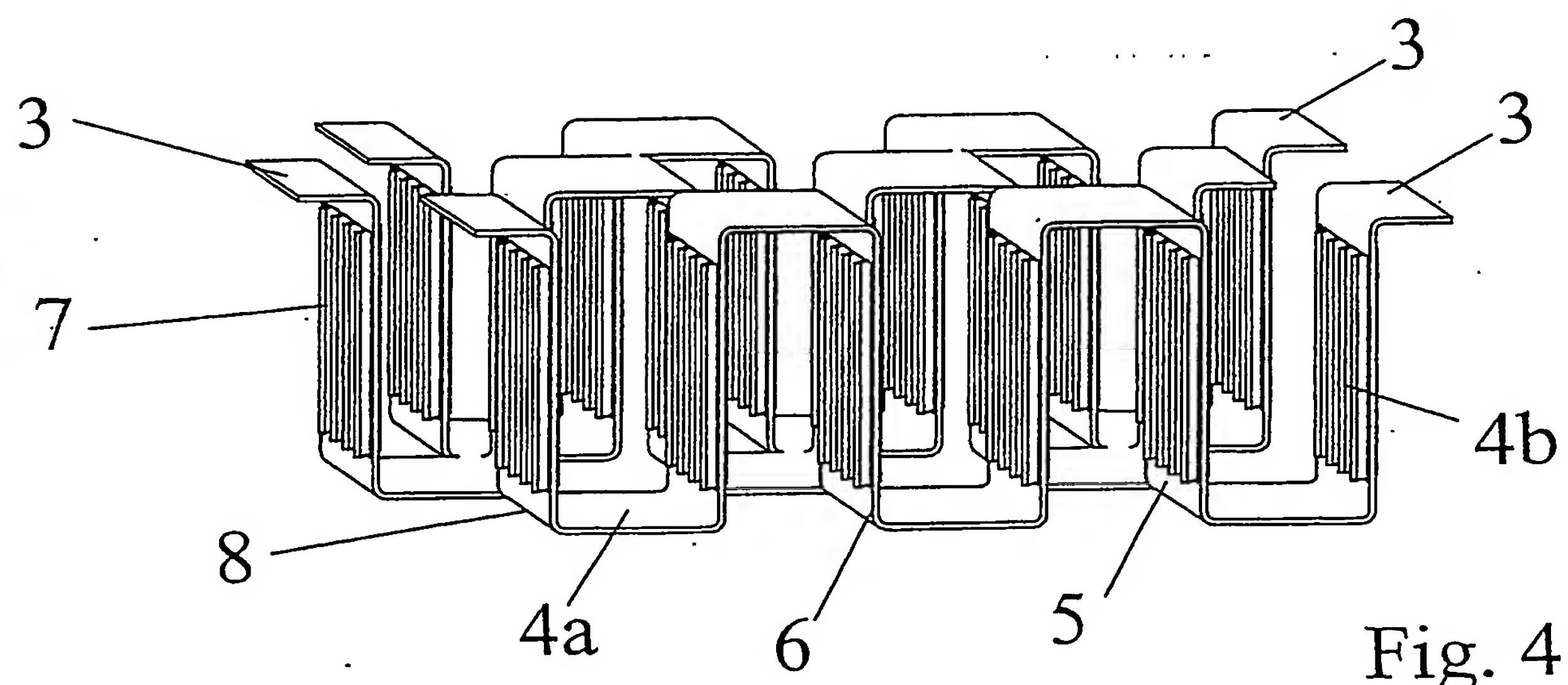


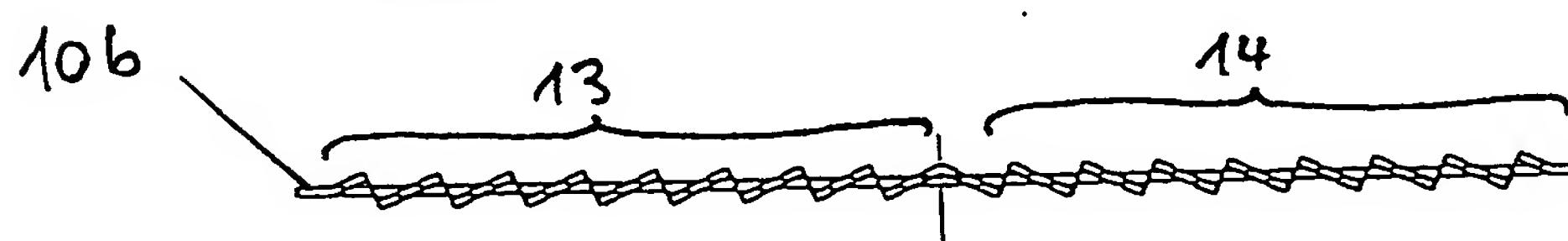
Fig. 4

4/11

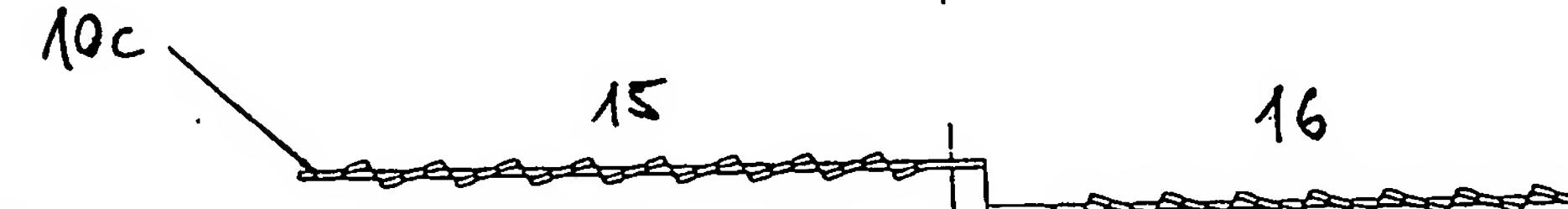
Fig.



5a



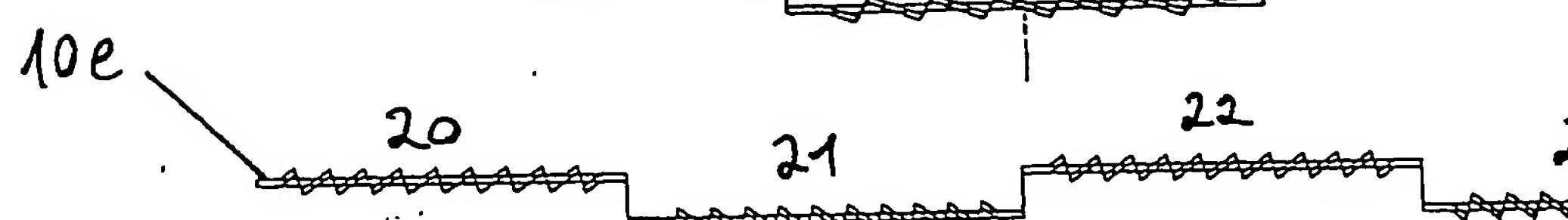
5b



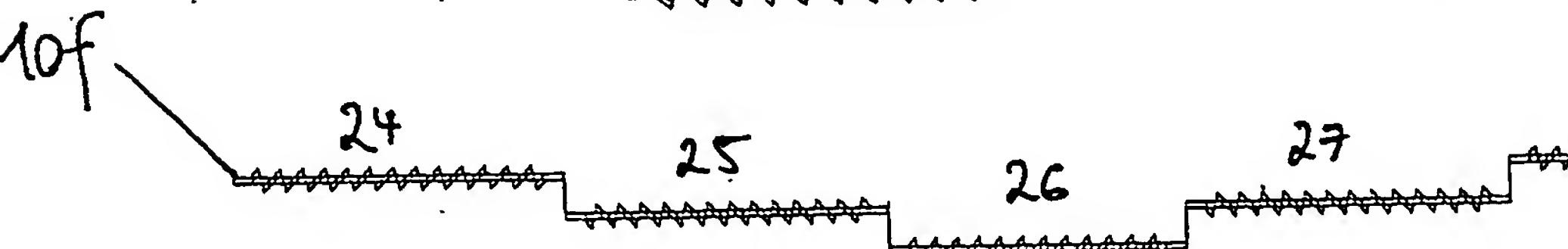
5c



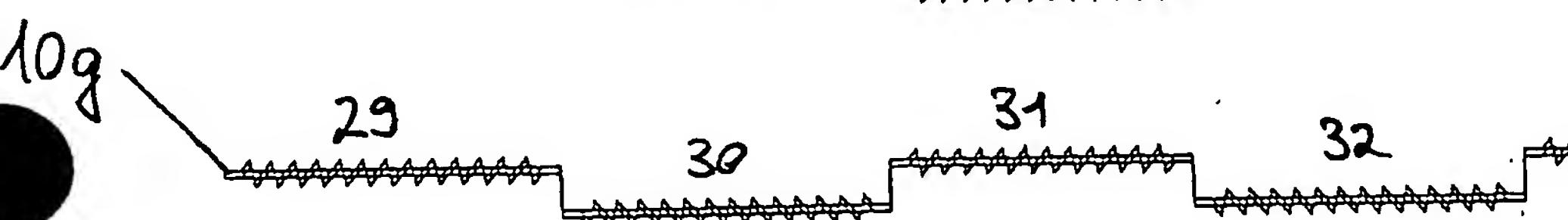
5d



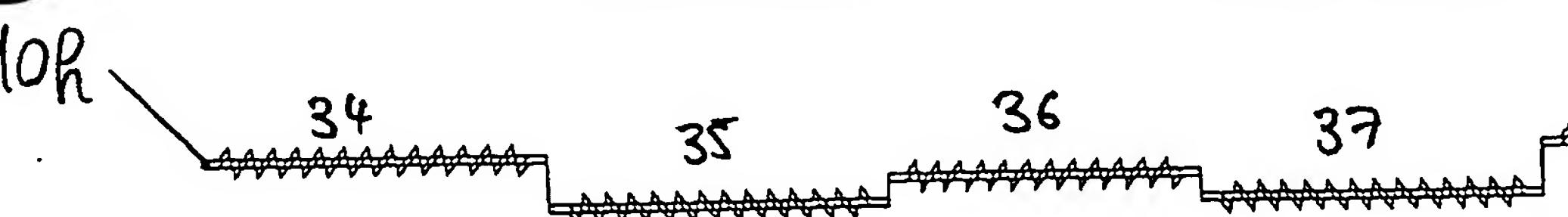
5e



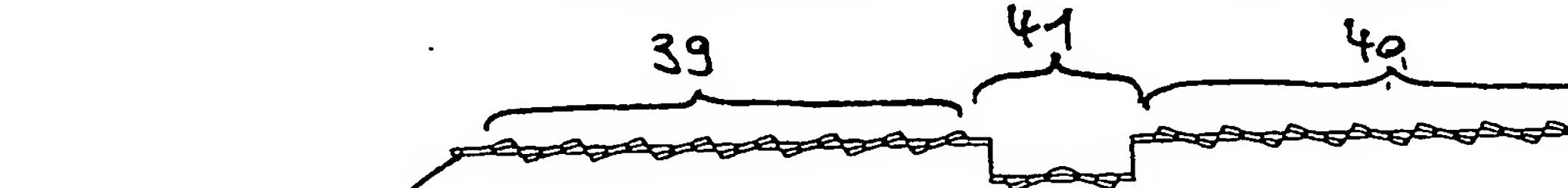
5f



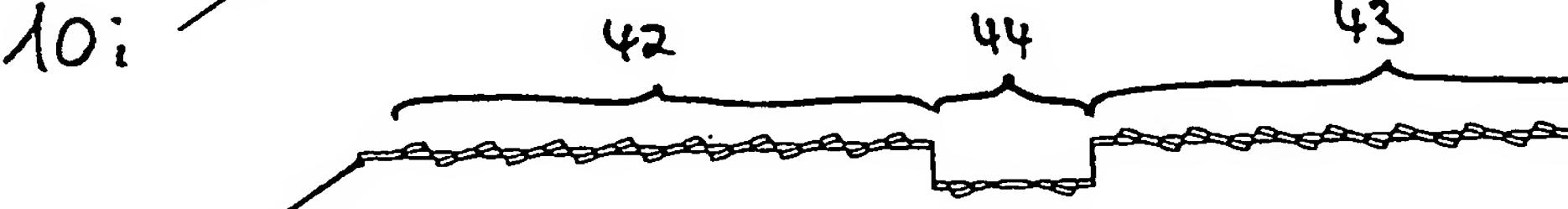
5g



5h



5i



5j

5/11

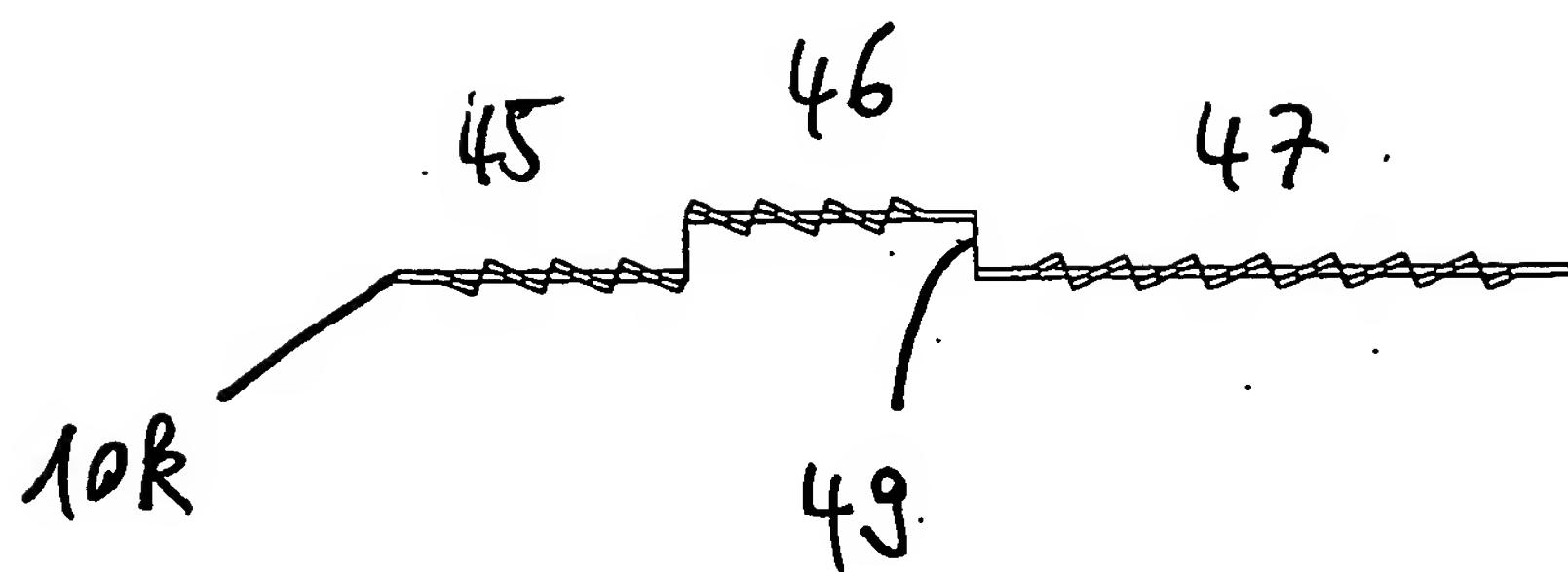


Fig. 5R

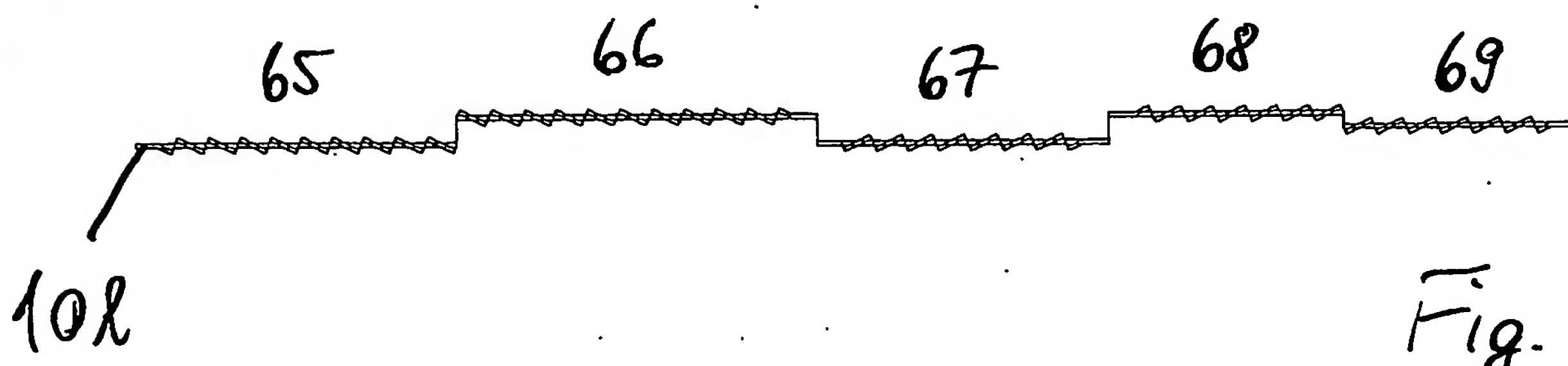


Fig. 5L

6/11

$$v_{\text{Luft}} = 3 \text{ m/s}$$

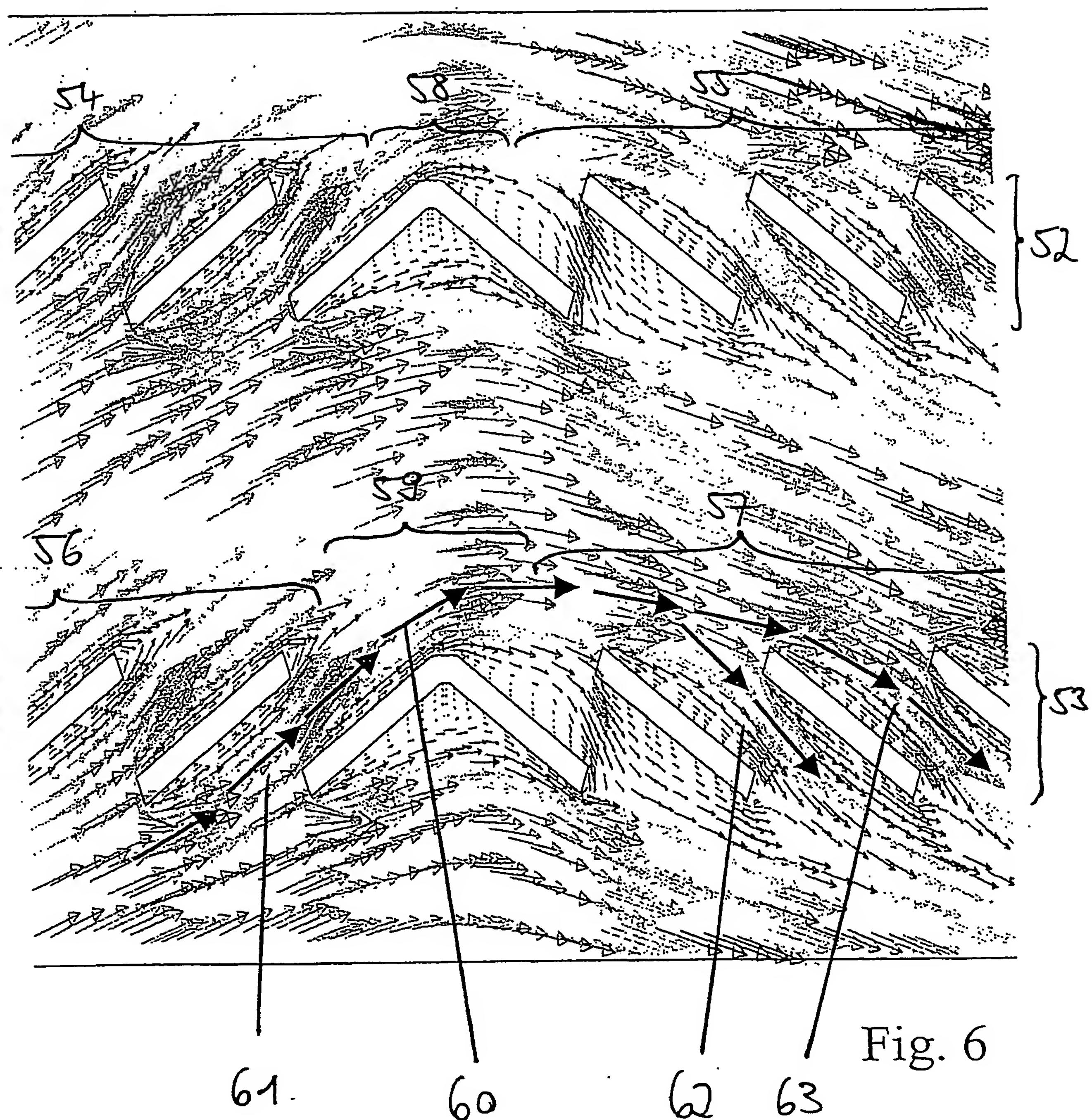


Fig. 6

7/11

$v_{Luft} = 3 \text{ m/s}$

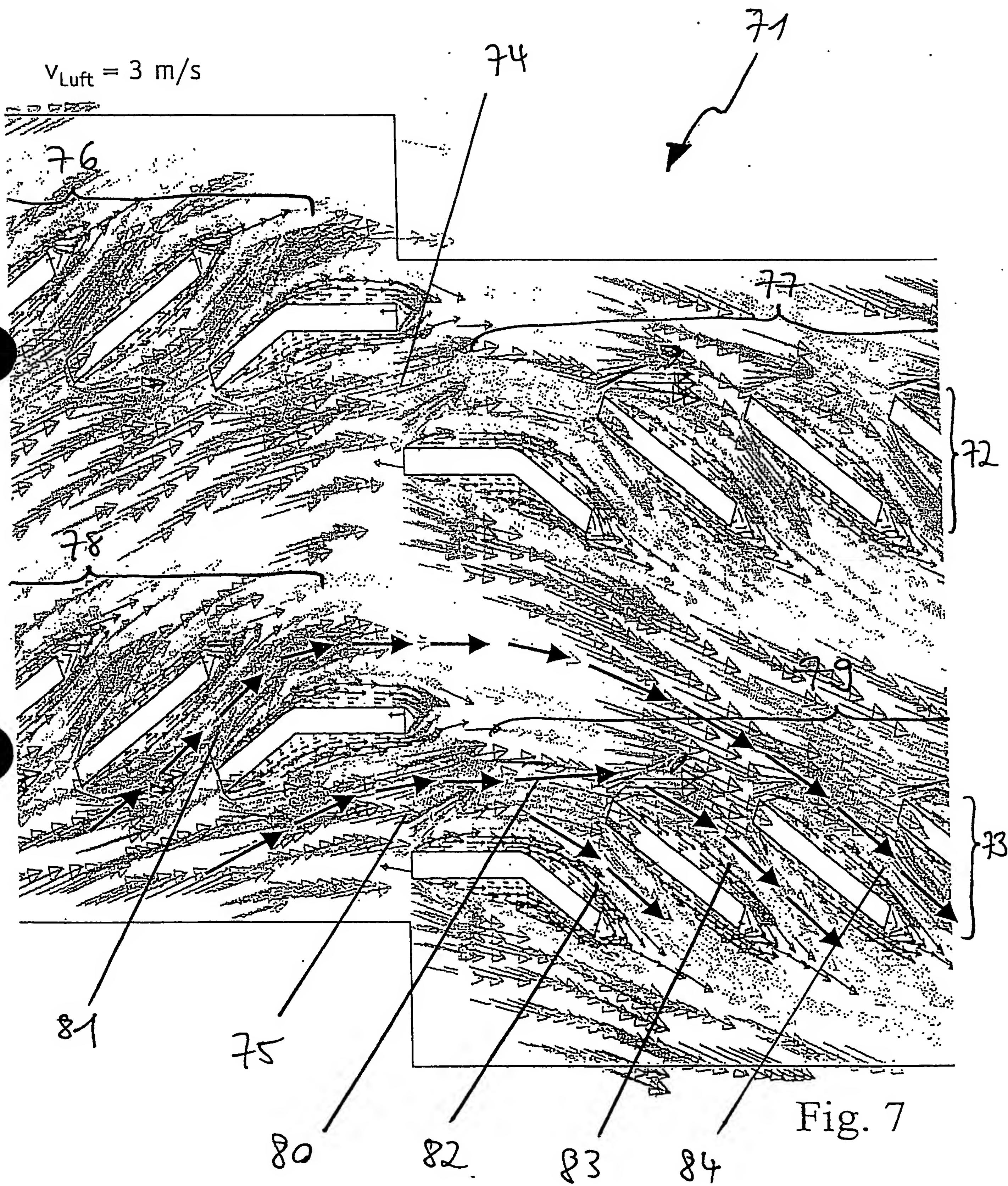


Fig. 7

8/11

$v_{Luft} = 1 \text{ m/s}$

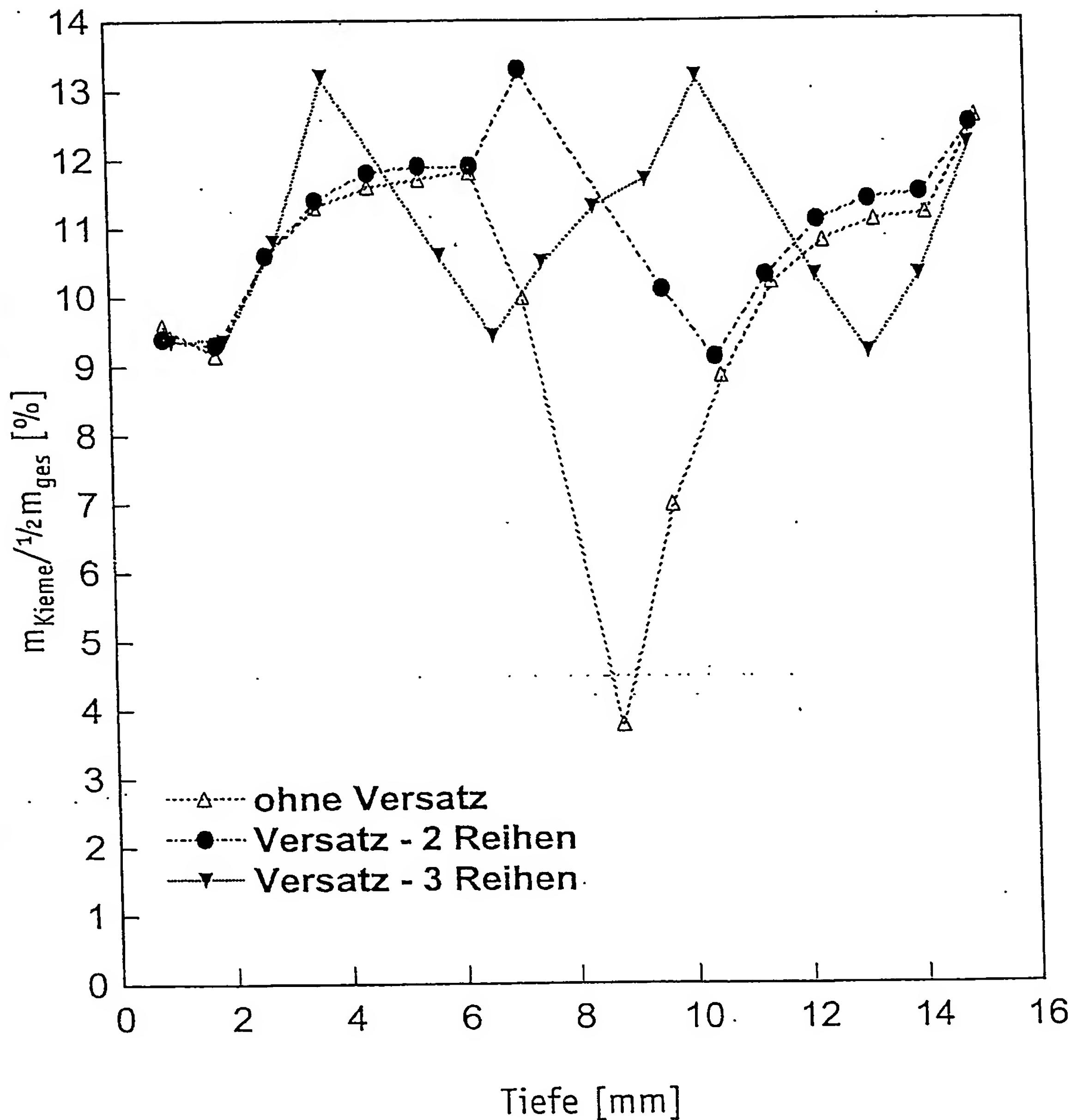


Fig. 8

9/11

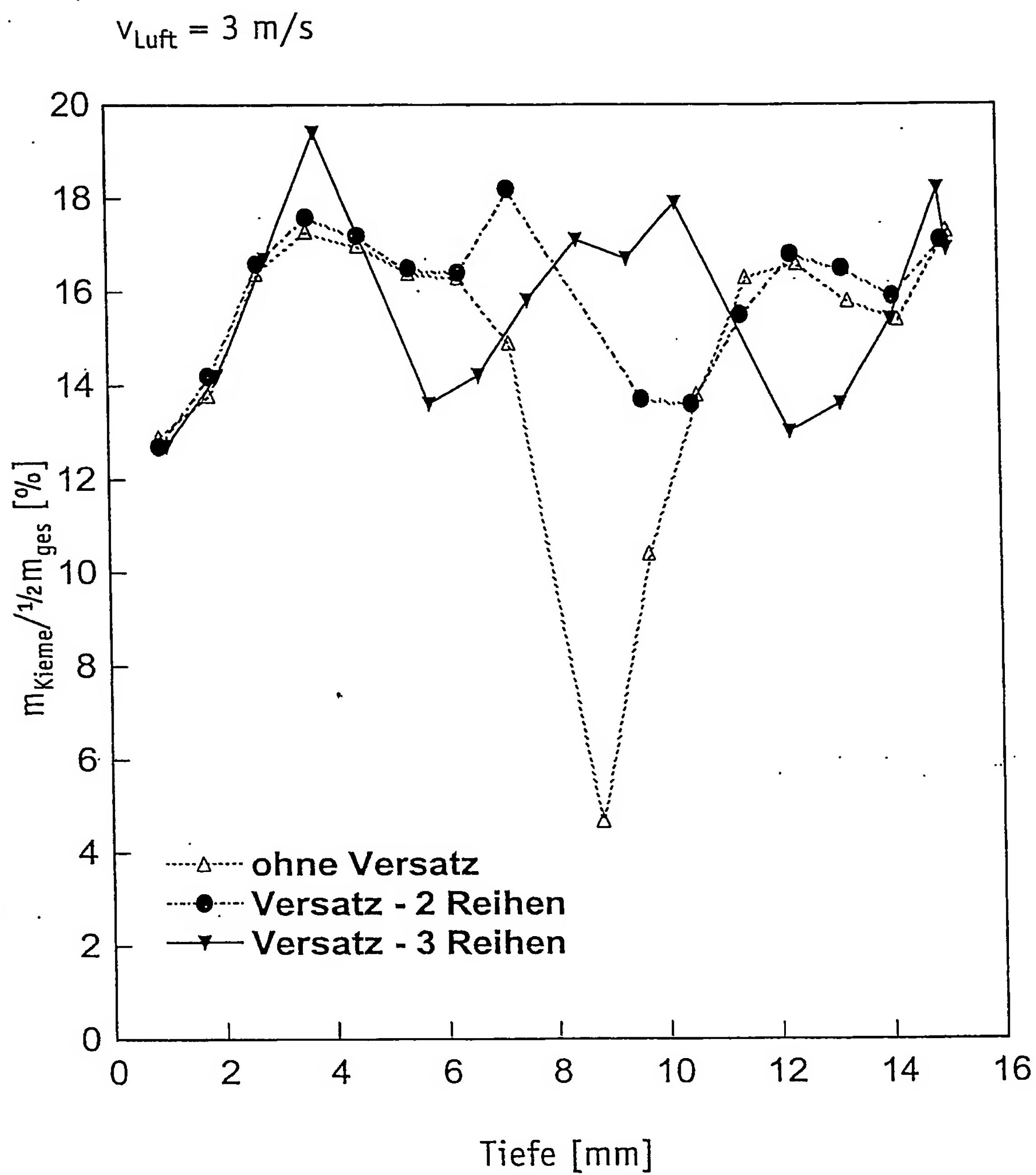
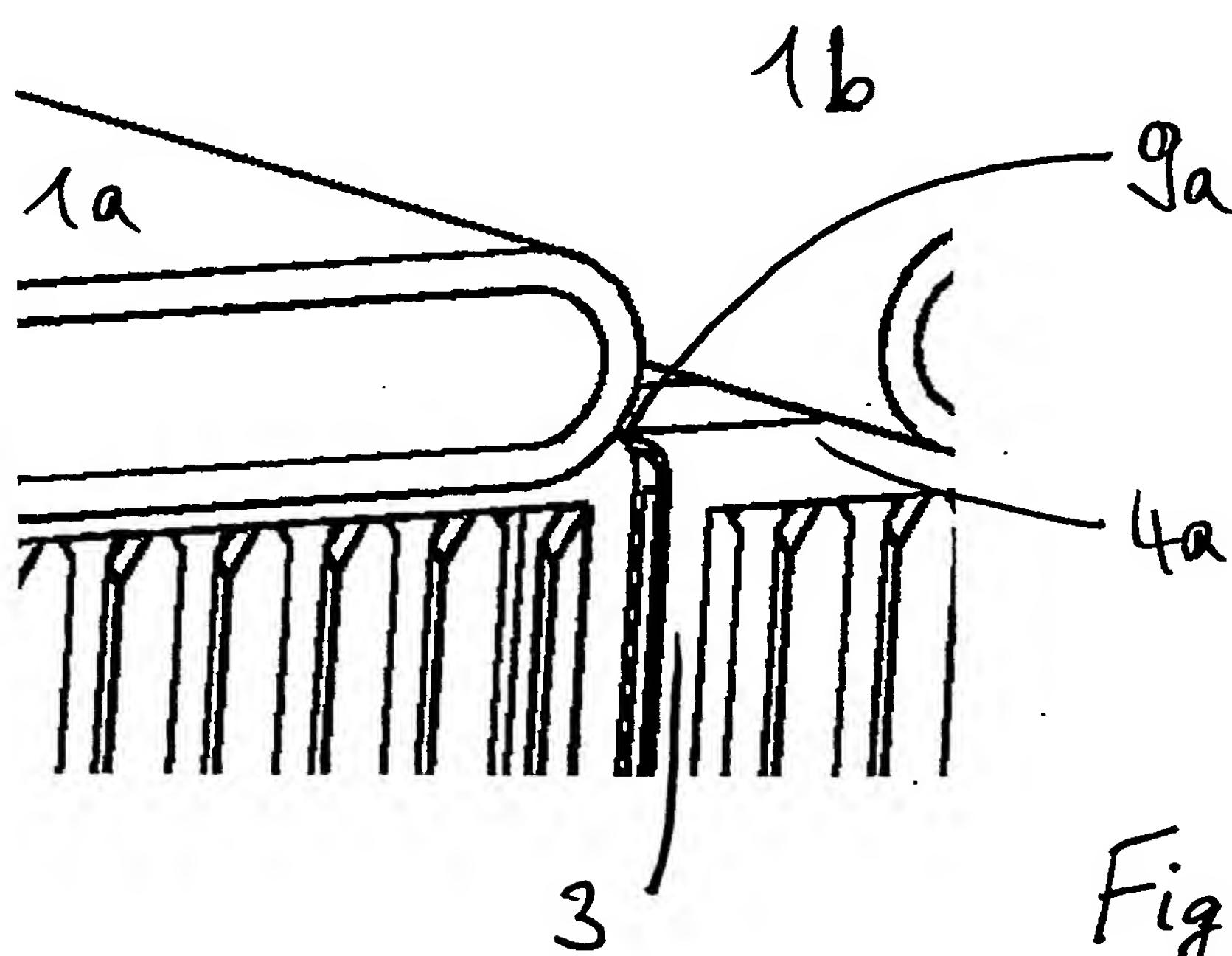
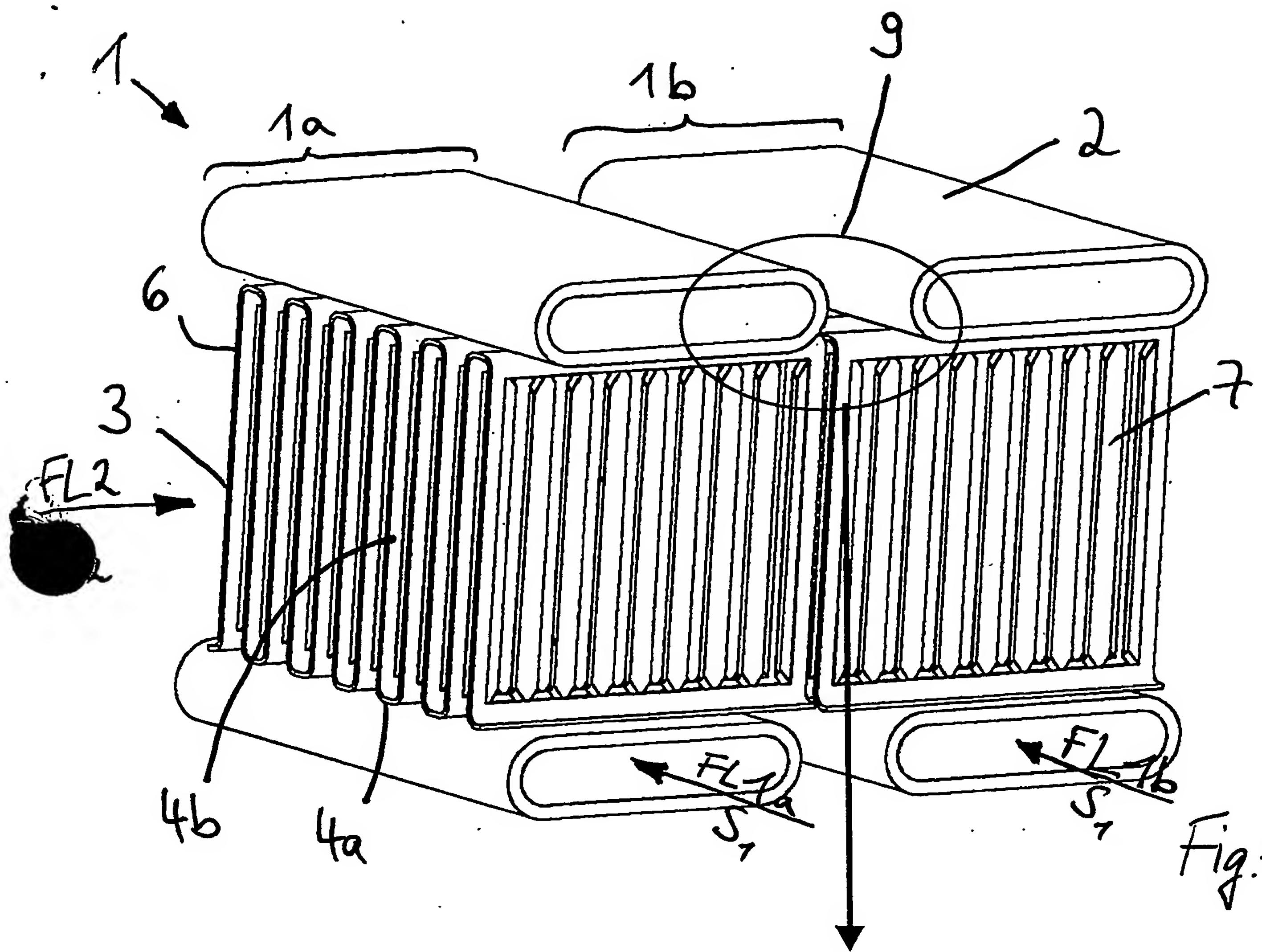


Fig. 9

10/11



11/11

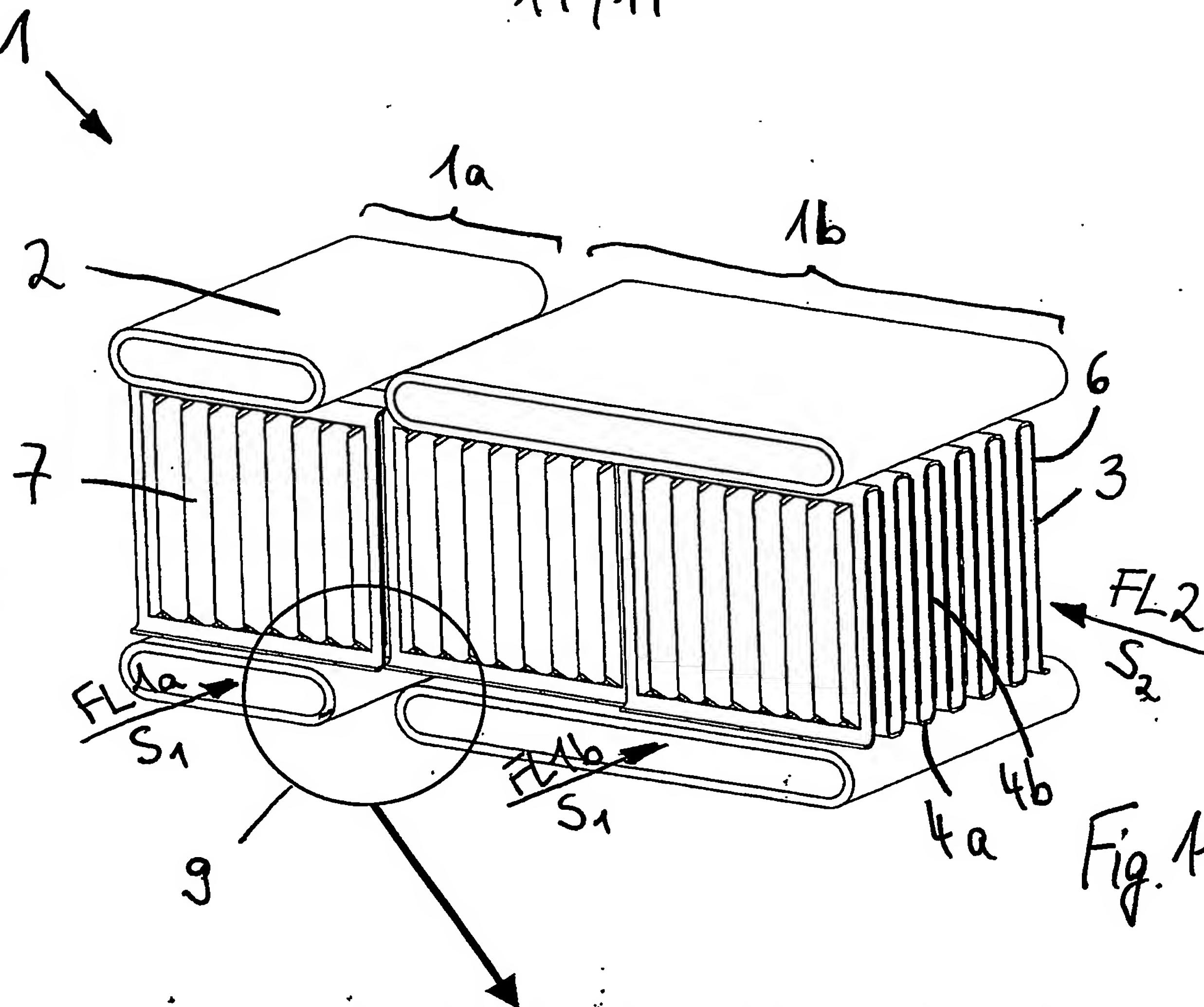


Fig. 11a

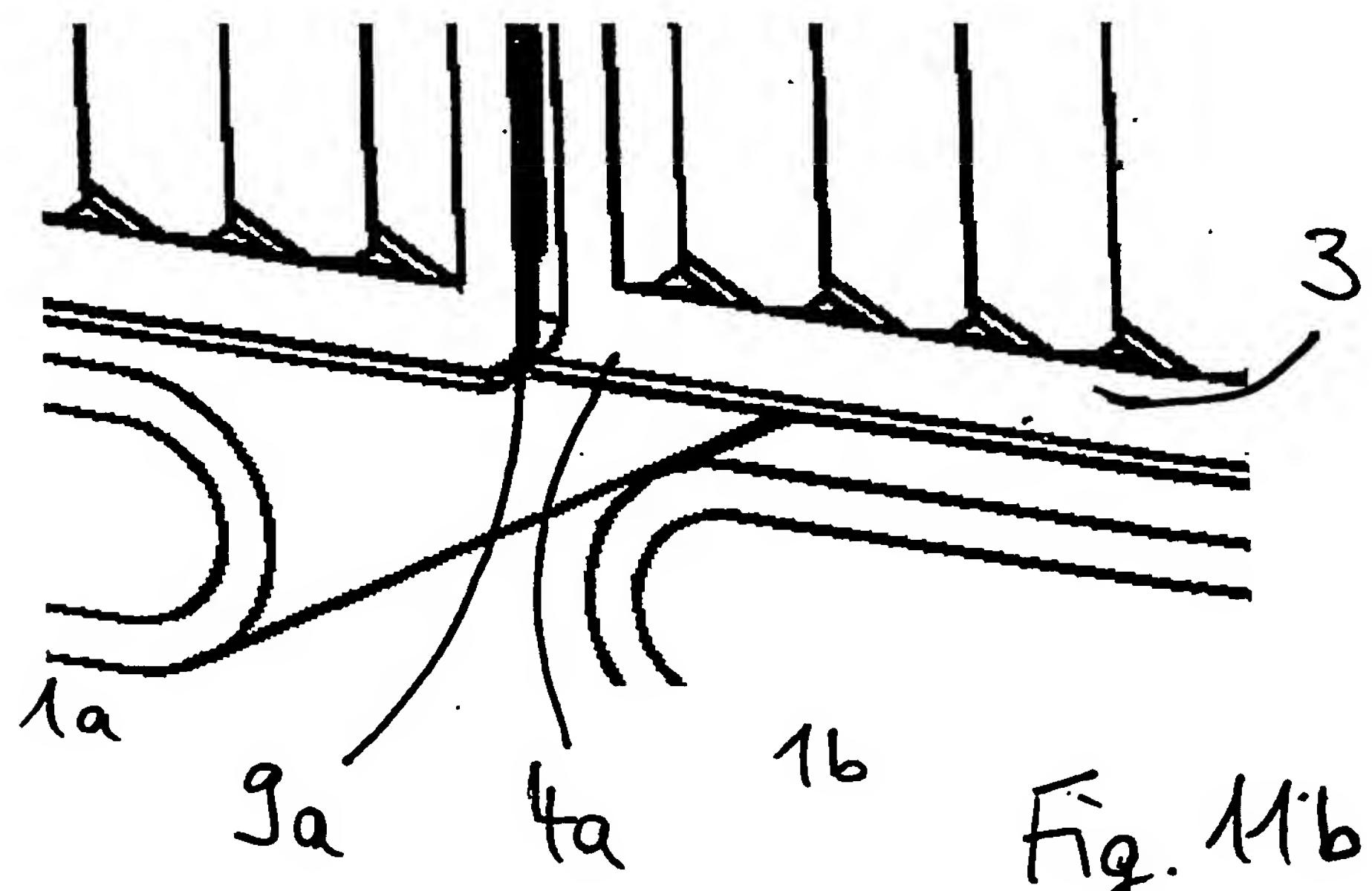


Fig. 11b